

UJI TOKSISITAS LINDI TPA BENOWO MENGGUNAKAN IKAN TAWES (*Barbonymus gonionotus*) SEBAGAI BIOTA UJI

Ririk Indah Wiyanti dan Naniek Ratni Juliardi. AR
Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik
Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur
e-mail : ririkindahwiyanti.ri@gmail.com

ABSTRAK

Air lindi adalah cairan dari sampah yang mengandung unsur unsur terlarut dan tersuspensi. Sampah yang tertimbun di lokasi TPA (Tempat Pembuangan Akhir) mengandung zat organik, anorganik dan logam berat. Jika hujan turun akan menghasilkan air lindi dengan kandungan mineral, zat organik dan logam berat tinggi. Bila kondisi aliran air lindi dibiarkan mengalir ke permukaan tanah dapat menimbulkan efek negatif bagi lingkungan sekitarnya termasuk bagi manusia. Uji toksisitas ini dilakukan untuk menentukan tingkat toksisitas air lindi terhadap biota uji yang hidup dibadan air yang berada disekitar TPA Benowo. Pada penelitian kali ini menggunakan biota uji ikan tawes dengan panjang antara 4-6 cm. Dalam uji toksisitas ini dilakukan dalam 2 tahap yaitu Range Finding Test, pencarian kisaran diperoleh konsentrasi 0% (sebagai control), 0,3% ; 0,6% ; 0,9% ; 0,12% dan 0,15%. Tahap selanjutnya yaitu Acute Toxicity Test, pada tahap ini konsentrasi toksikan diperkecil lagi yaitu 0,18% ; 0,36% ; 0,54% ; 0,72% dan 0,9%. Hasil penelitian didapat nilai LC_{50} yaitu sebesar 0,385%, sedangkan pengaruh terhadap fisik ikan yaitu mata berwarna putih, kulit perut berwarna kecoklatan.

Kata kunci : Ikan Tawes, Air Lindi, Toksisitas

ABSTRACT

Leachate is a liquid from waste containing elements of dissolved and suspended elements. Garbage collected at the landfill site contains organic, anorganic and heavy metal substances. If the rains will prduce leachate with mineral content, organic and heavy metals. When the condition or leachate flow in let to the soil surface can cause negative effects to the surrounding environmrnt including for humans. Toxicity test it was conducted to determine the level of leachate toxicity of the test animals living in surface water located around of the “TPA Benowo“. In this study using Tawes fish with length between 4-6 cm. In this toxicity test is done in 2 stages, namely : range finding test, the search for this range is obtaind 0% concentrations (as control) 0,3% ; 0,6% ; 0,9% ; 0,12% and 0,15%. The next stage of toxicity acute test, at this stage of toxicity concentration do smaller again that is : 0,18% ; 0,36% ; 0,54% ; 0,72% and 0,9%. The results obtained LC_{50} value of 0,385%, while eyes, brown stomach skin.

Keywords: Tawes Fish, Leachate, and Toxicity

PENDAHULUAN

Produksi sampah yang semakin tinggi khususnya di perkotaan, dipicu dengan adanya proses modernisasi atau pembangunan di segala bidang yang akhirnya menyebabkan terakumulasinya sampah sehingga semakin hari semakin menumpuk. Sebagai contoh di kota Surabaya pada tahun 2013 sebanyak 1.200 ton/hari, tahun 2014 sebanyak 1.200-1.300 ton/hari, tahun 2015 sebanyak 1.300-1.400 ton/hari dan pada tahun 2016 sebanyak 1.500-1.600 ton/hari. (DKP kota Surabaya, 2016). Seiring dengan meningkatnya jumlah volume sampah tiap tahun di kota Surabaya yang tidak di ikuti dengan sistem manajemen pengelolaan sampah yang baik sehingga menyebabkan ketidak sebandingan dengan laju timbunan sampah. Sampah merupakan sisa dari aktivitas manusia yang tidak digunakan lagi, keberadaanya tidak dapat dihindari namun harus dikelola.

Air lindi (leachate) adalah air hasil degradasi dari sampah dan dapat menimbulkan pencemaran apabila tidak dilakukan pengolahan terlebih dahulu sebelum dibuang ke lingkungan. Air lindi (leachate) ini pada umumnya bersifat toksik karena mengandung banyak mikroorganisme dalam jumlah yang tinggi, mengandung logam berat yang berbahaya jika langsung terpapar pada lingkungan. Selain itu tingkat kemampuan degradasi air lindi dialam sangat rendah, hal ini ditandai dengan rendahnya nilai rasio BOD/COD (Trihadiningrum, 1995).

Karakteristik air lindi (leachate) sangat bervariasi tergantung dari proses-proses yang terjadi di dalam landfill yang meliputi proses fisik, kimia dan biologi. Sedangkan faktor-faktor yang mempengaruhi proses yang terjadi di landfill antara lain : jenis sampah, lokasi landfill, hidrogeologi dan lokasi pengoperasian, aktifitas biologis serta proses yang terjadi pada timbunan sampah baik secara aerob maupun anaerob

(Munawar Ali, 2011). Berikut adalah Karakteristik air lindi (leachate) : COD, BOD, Cd, Mg, Na, K, Cl, Fe, Cu, Cr, Hg, Zn, As, Pb, Ni (Balai Laboratorium Kesehatan Surabaya, 2005).

Uji toksisitas akuatik merupakan suatu cara yang cukup representative untuk mengestimasi besarnya bahaya yang ditimbulkan oleh substansi yang ada dalam bahan buangan. Hal yang paling umum digunakan untuk menunjukkan toksisitas buangan adalah LC_{50} (median lethal concentration) atau toksisitas akut. Organisme yang biasa digunakan untuk menguji toksisitas suatu cemaran yang akan masuk ke suatu badan air adalah ikan.

Ikan yang dipakai untuk uji toksisitas ini harus mempunyai kepekaan tinggi, umur, berat, dan panjang yang di persyaratkan sesuai dengan ikan yang hidup di lingkungan yang tercemar. Dipilihnya ikan tawes merupakan jenis ikan yang memiliki nilai ekonomis tinggi dan mempunyai penyebaran luas, serta memiliki daya ketahanan / resistensi yang tinggi terhadap pencemar (Sukiya, 1999).

METEDOLOGI

Uji pendahuluan dalam penelitian ini dimulai dari uji laboratorium karakteristik yang terkandung dalam air lindi TPA Benowo. Selanjutnya bisa menentukan karakteristik yang akan diuji dan mengetahui baku mutu yang ditetapkan.

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di laboratorium riset teknik lingkungan UPN "Veteran" Jawa Timur. Dilakukan mulai pada awal februari hingga awal mei.

Prosedur Penelitian

1) Aklimatisasi

Aklimatisasi merupakan tahap penyesuaian diri organisme dengan kondisi air lindi yang akan diolah. Media air dikondisikan untuk

selalu mempunyai temperatur antara 24 C - 30 C , Ph 6,0-8,5 DO antara 5-6 mg/L berdasarkan dari Organization for Economic Cooperation and Development (OECD,2014). Pada tahap ini bertujuan untuk adaptasi biota uji yang akan dipakai dengan air pengencer. Tahap aklimatisasi ini dilakukan setidaknya selama 7 hari.

2) Range finding test

Pada tahap ini merupakan tahapan awal dalam memulai penelitian. Range finding test merupakan tahapan untuk menentukan konsentrasi terkecil dari toksikan yang menyebabkan 100% biota uji mati dalam pemaparan 96 jam. Dikarenakan dalam tahapan ini merupakan pencarian kisaran secara kasar, maka dapat dilakukan variasi konsentrasi toksikan dengan jarak interval yang cukup besar. Pada tahapan ini dilakukan pengulangan sebanyak dua kali untuk masing-masing kadarnya.

3) Uji Toksisitas Akut

Tujuan pada tahapan tes ini adalah menentukan kadar toksikan yang dimana dapat memberikan kematian terhadap biota uji dalam waktu yang relatif singkat. Dilakukan pengulangan sebanyak tiga kali pada tahapan ini masing-masing kadar toksikan. Dalam tiap wadah yang disediakan diberi 10 biota uji, dengan variabel uji didapat dari hasil Range Finding Test.

4) Perhitungan LC_{50}

Nilai LC_{50} merupakan nilai dimana pada konsentrasi tersebut terdapat 50% biota uji dalam penelitian mati. Nilai LC_{50} ini diperlakukan dalam menganalisa dan pembahasan dari penelitian ini. Metode yang digunakan dalam menentukan nilai LC_{50} ini menggunakan metode Lithfield-Wilcoxon, dikarenakan metode ini memperhitungkan batas-batas kepercayaan 95% dari hasil LC_{50} . Langkah-langkah dalam perhitungan ini adalah:

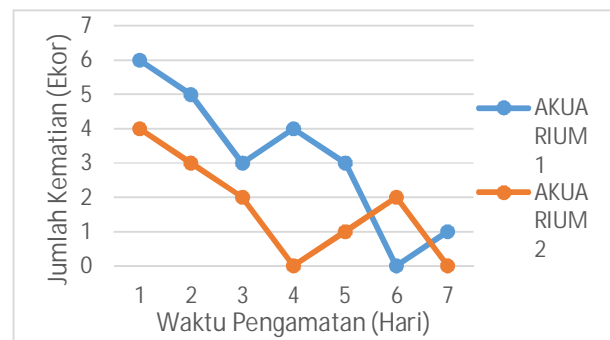
1. Memasukkan data konsentrasi toksikan dan proporsi respon pada grafik Log-Log serta menentukan garis korelasinya

dengan persamaannya. Garis korelasi tersebut merupakan garis proporsi respon harapan.

2. Mengidentifikasi proporsi respon harapan (RH) pada tiap konsentrasi dengan memasukkan nilai konsentrasi toksikan pada persamaan garis korelasi.
3. Menghitung perbedaan mutlak antara respon uji terkoreksi (R) dengan respon harapan (RH) untuk setiap konsentrasi.
4. Menghitung CHI^2 tiap konsentrasi dengan bantuan nomograf CHI^2 .
5. Menghitung tingkat kebebasan (N) dengan table CHI^2 untuk batas kepercayaan 95%.
6. Menghitung LC_{50} 96 jam berikut batas-batas kepercayaan 95% berdasar garis korelasi proporsi respon harapan yang telah diterima.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Aklimatisasi

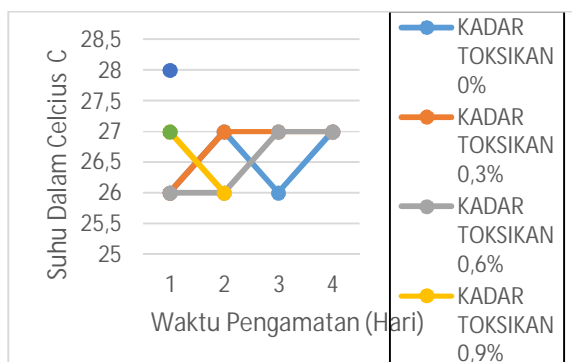


Gambar 1 Grafik Hubungan Pengaruh Waktu Terhadap Kematia Biota Uji

Pada kedua pengamatan yaitu pada akuarium 1 dan 2 mengalami perbedaan kematian hal ini disebabkan karena pada waktu pembelian ikan di penjual yang berbeda karena pada penjual yang pertama jumlahnya tidak mencapai 500 ekor sehingga membeli dipenjual lain, hal ini yang menyebabkan perbedaan kondisi ikan dimana ikan besar dari tambak yang berbeda dengan perawatan yang berbeda pula sehingga memungkinkan perbedaan kondisi

ikan. Kemungkinan besar ikan mengalami kematian disebabkan oleh keadaan yang stres karena belum bisa beradaptasi dengan lingkungan barunya. Karena pada masing – masing parameter seperti temperatur, DO dan pH sudah memenuhi persyaratan yang dibutuhkan untuk kelangsungan hidup ikan. Untuk temperatur pada ke dua pengamatan yaitu pada akuarium 1 dan 2 berkisar antara 26 C - 29 C dimana masih sesuai dengan temperatur yang dibutuhkan ikan untuk keberlangsungan hidupnya. Untuk pH pada kedua pengamatan juga masih sesuai dengan pH yang di butuhkan yaitu berkisaran antara 7 – 9 sehingga tidak menimbulkan gangguan pada kehidupan ikan. Sedangkan untuk kadar DO pada ke dua penelitian ini mengalami kenaikan dan penurunan pada setiap waktu pengamatan namun kenaikan dan penurunannya tidak terlalu signifikan dan masih berkisar antara 5 – 6 mg/l sehingga masih sesuai dengan DO yang dibutuhkan ikan untuk hidup. Dari uraian tersebut bisa dikatakan kematian ikan bukan karena menurunnya parameter namun kemungkinan besar ikan mengalami stres.

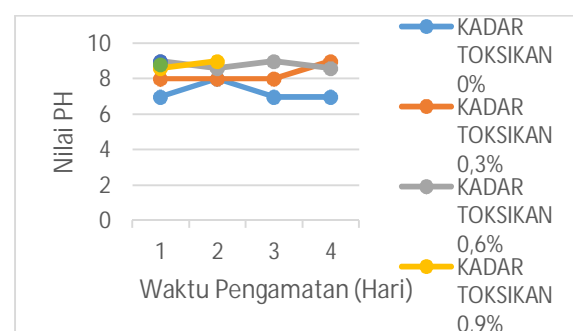
Range finding test



Gambar 2 Grafik Hubungan Pengaruh Waktu dan Kadar Toksikant Terhadap Perubahan Suhu.

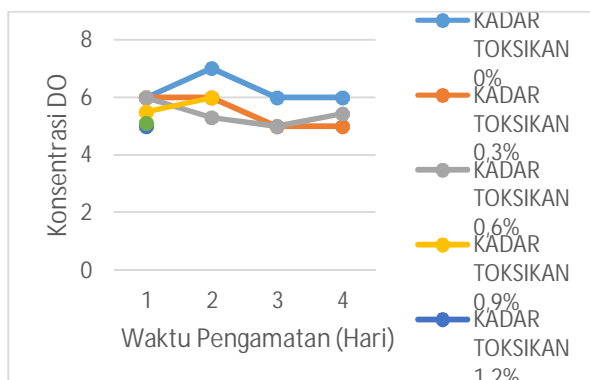
Suhu berpengaruh pada kondisi lingkungan air ikan tawes dari hasil penelitian diatas menunjukkan suhu air pada reaktor ikan

tawes sudah memenuhi syarat yang telah ditentukan untuk kelangsungan hidup ikan tawes. Dari hasil garfik diatas menunjukkan bahwa adanya kenaikan dan penurunan suhu hal ini disebabkan karena penurunann kelarutan gas, namun nilai parameter suhu masih memenuhi persyaratan dan tidak menimbulkan gangguan karena tidak melebihi dari kisaran 30C pada penelitian tersebut nilai Suhu tertinngi berkisar pada 28C dan ini masih dalam zona aman untuk kehidupan ikan.



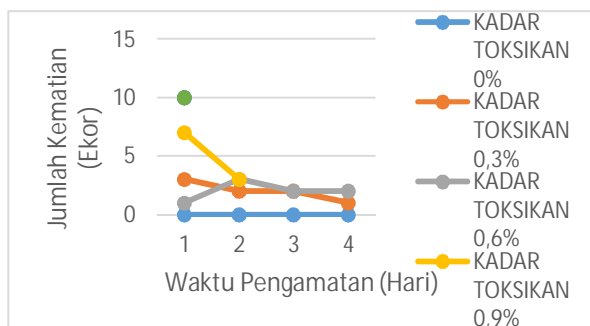
Gambar 3 Grafik Pengaruh Waktu dan Kadar Toksikant Terhadap Perubahan pH

Pada penelitian nilai pH 8-9 ini ikan masih bisa tetep bertahan hidup karena rentan nilai pH yang dibutuhkan adalah 7-9 jika melewati dari nilai 9 kemungkinan dapat menyebabkan gangguan abnormal pada prilaku ikan atau ikan akan mengalami stres. Kenaikan nilai pH pada setiap kadar toksikan ini disebabkan karena adanya proses dekomposisi zat organik baik yang terkandung dalam toksikan maupun yang ada pada kotoran ikan.



Gambar 4 Grafik Hubungan Pengaruh Waktu dan Kadar Toksikant Terhadap Perubahan DO

Dari hasil pengamatan dapat dilihat bahwa rata-rata DO dalam range finding test ini telah memenuhi DO optimum yang dibutuhkan untuk kelangsungan hidup ikan yaitu 5-6 mg/l, adanya penurunan DO disebabkan karena kenaikan suhu, jika suhu tinggi maka air akan cepat jenuh dengan oksigen dan menyebabkan kelarutan oksigen berkurang.

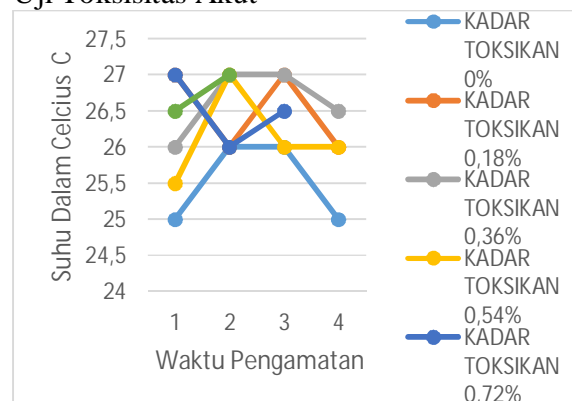


Gambar 5 Grafik Hubungan Pengaruh waktu dan Kadar Toksikant Terhadap Kematian Biota Uji

Jika dilihat dari beberapa faktor yang mempengaruhi kehidupan ikan seperti DO, pH, dan Suhu serta ruang gerak ikan sudah memenuhi persyaratan yang ada. Untuk DO pada range finding test berada di kisaran 5-6 mg/l karena pada setiap reactor dipasang aerator guna membantu mensuplai oksigen. Untuk suhu juga tidak menunjukkan adanya pengaruh untuk kematian ikan karena

suhunya masih sesuai standart yang ada yaitu berkisar 25-28°C. Untuk pH juga tidak menunjukkan adanya pengaruh walaupun air pengencer di beri air limbah namun perubahan nilai pH tidak terlalu signifikan hanya mengalami kenaikan 1-2 saja dan kisaran nilai pH pada percobaan range finding test berkisar 8-9 dan ini juga masih sesuai standart yang ada untuk lingkungan hidup ikan. Sedangkan untuk ruang geraknya juga sudah memenuhi karena reaktor yang digunakan cukup besar. Jadi kemungkinan besar ikan mengalami kematian karena tercemari oleh toksikan air limbah.

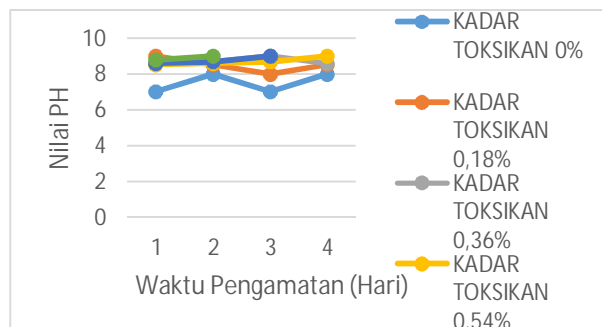
Uji Toksisitas Akut



Gambar 6 Grafik Hubungan Pengaruh Waktu dan Kadar Toksikant Terhadap Perubahan Suhu

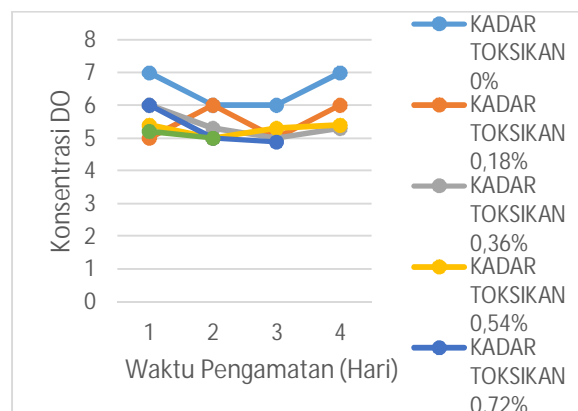
Dari grafik diatas bisa kita ketahui bahwa suhu pada air mengalami perubahan yaitu baik penurunan maupun kenaikan namun tidak terlalu signifikan. Perubahan ini mungkin disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya yaitu : ketinggian dari permukaan air, waktu dalam suatu hari, aliran air dan kedalaman air serta bisa juga karena penurunan kelarutan gas dalam air. suhu air mengalami penurunan dan peningkatan kemungkinan hal ini terjadi dikarenakan pengaruh dari oksigen terlarut dalam air (DO). Jika suhu tinggi air akan cepat jenuh dengan oksigen dibandingkan

dengan suhu yang rendah, karena peningkatan suhu air akan menyebabkan kelarutan oksigen berkurang.



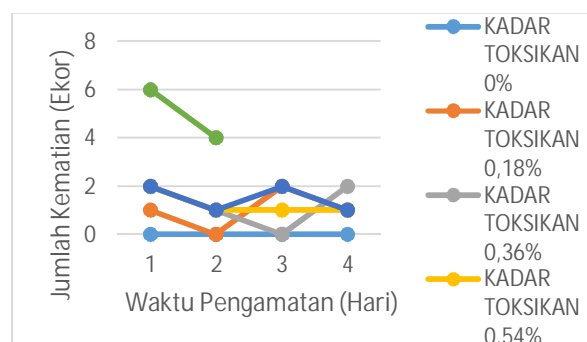
Gambar 7 Grafik Hubungan Pengaruh Waktu dan Kadar Toksikan Terhadap Perubahan pH.

Tinggi maupun rendahnya nilai ph di pengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya yaitu : proses dekomposisi pada bahan organik yang ada pada air, konsentrasi gas-gas yang ada pada air,suhu air, dan juga sinar matahari. Dampak yang ditimbulkan apabila terjadi perubahan pH air yaitu : ikan mudah terserang penyakit, metabolisme ikan terganggu, pertumbuhan ikan tidak berkembang dengan baik. pH air yang baik untuk kehidupan ikan yaitu diantara 6-9 apabila melebihi angka 9 maka air tersebut tidak layak dan tidak sesuai untuk lingkungan hidup ikan. Kenaikan pH ini disebabkan karena adanya proses dekomposisi zat organik baik yang terkandung dalam toksikan maupun yang ada pada kotoran ikan. Namun dari grafik diatas diketahui bahwa ph pada penelitian tersebut masih sesuai atau masih normal jika digunakan untuk kehidupan ikan sehingga pH tidak memberikan pengaruh pada kematian ikan. Kemungkinan ikan mati karena adanya kandungan pencemar pada toksikan yang dimasukkan pada air pengencer.



Gambar 8 Grafik Hubungan Pengaruh Waktu dan Kadar Toksikan Terhadap Perubahan DO.

Menurunnya nilai DO dapat menurunkan kemampuan untuk hidup normal dalam lingkungan hidupnya. Tinggi rendahnya kadar oksigen terlarut dalam air di pengaruhi oleh suhu, tekanan parsial gas-gas, derasny arus. kadar DO mengalami penurunan karena air pengencer telah di campur oleh toksikan yang mungkin mengandung bahan organik sehingga menyebabkan penurunan DO.

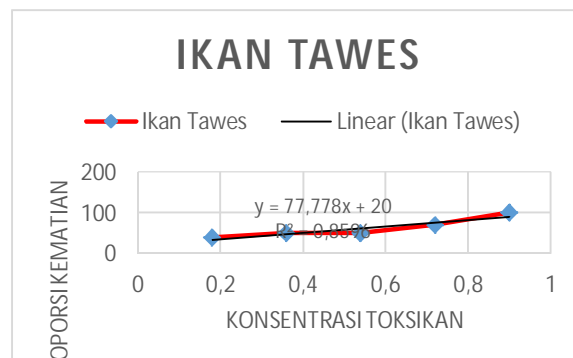


Gambar 9 Grafik Hubungan Pengaruh Waktu dan Kadar Toksikan Terhadap Kematian Biota Uji.

Pada grafik diatas bisa dilihat adanya perbedaan dari jumlah kematian ikan ini bisa disebabkan oleh perbedaan kondisi dan sistem kekebalan ikan itu sendiri, selain itu juga daya serap atau kemampuan serap ikan pada suatu toksikan berbeda-beda sehingga waktu dan jumlah kematiannya

berbeda. Kematian-kematian biota uji ini dapat diakibatkan suatu zat toksik yang mempengaruhi kualitas lingkungan biota uji. Karena jika ditinjau kembali dari beberapa faktor yang mempengaruhi kehidupan ikan seperti Suhu air, pH air dan kebutuhan oksigen terlarut dalam air (DO) pada penelitian ini ke tiga parameter tersebut telah memenuhi persyaratan dan tidak melebihi baku mutu. Pada uji akut dilakukan pula pengecekan kadar BOD karena BOD sangat mempengaruhi kadar DO semakin besar kadar BOD maka kadar DO akan semakin kecil karena jika BOD besar maka mikroorganisme juga akan membutuhkan oksigen yang besar untuk menguraikan zat organik sehingga oksigen yang untuk biota akan berkurang, namun pada saat melakukan uji BOD pada tiap-tiap reaktor nilainya sangat kecil yaitu antara 7 mg/l – 38 mg/l dengan mengetahui nilai BOD yang tidak melampaui baku mutu maka kemungkinan besar ikan tawes mengalami kematian atau mortalitas akibat dari tercemari oleh kandungan zat/senyawa kimia/logam berat yang terkandung dalam air lindi seperti Cd, Mg, Na, K, Cl, Fe, Cu, Cr, Hg, Zn, As, Pb, Ni yang kemungkinan salah satu dari karakteristik logam berat tersebut yang telah meracuni dan telah terakumulasi kedalam tubuh ikan tawes sehingga menyebabkan ikan terkontaminasi dan menyebabkan kematian. Selain itu ikan yang mati mengeluarkan lendir pada tubuhnya, warna kulit bagian perut berubah menjadi kuning kecoklatan seperti keracunan dan juga mata ikan berubah menjadi putih.

Perhitungan LC_{50} dengan Metode Lithfield – Wilcoxon Abbreviated Method



Gambar 10 log-log untuk limbah air lindi

Menghitung LC_{50} 96 jam dengan batas – batas kepercayaan 95% berdasarkan garis korelasi persamaan proporsi harapan yang telah diterima.

Dari persamaan garis korelasi dapat ditentukan nilai :

$$Y = 77,778x + 20$$

$$50 = 77,778x + 20$$

$$x = 0,385$$

Kemudian di dapat nilai LC_{45} , LC_{50} , LC_{55} sebagai berikut :

$$LC_{45} = 0,321$$

$$LC_{50} = 0,385$$

$$LC_{55} = 0,449$$

Menentukan batas – batas kepercayaan 95% LC_{50} :

$$\begin{aligned} \text{Batas atas} &= LC_{50} \times f \\ &= 0,385 \times 0,889 \\ &= 0,342 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Batas bawah} &= LC_{50}/f \\ &= 0,385/0,889 \\ &= 0,342 \end{aligned}$$

Sehingga ditemukan LC_{50} ikan tawes pada limbah air lindi adalah 0,385%

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Kandungan toksikan yang ada di limbah air lindi cukup besar, sehingga harus menggunakan prosentase konsentrasi yang kecil pada saat rangen finding test, dan melakukan beberapa kali proses penentuan kisaran konsentrasi untuk menentukan konsentrasi rangen finding test.
2. Ikan tawes memiliki tingkat responsif yang cukup tinggi terhadap toksikan karena pada waktu ikan tawes dipaparkan pada toksikan, yang semula bersifat tenang berubah menjadi gesit dan berenang ke permukaan seperti ingin keluar dari reaktor. Ikan tawes yang sudah mati tubuhnya menjadi berlendir warnanya menjadi lebih pucat, mata berubah menjadi putih dan pada kulit bagian perut berubah warna menjadi kecoklatan.
3. Nilai LC_{50} untuk ikan tawes adalah $\pm 0,385 \%$

DAFTAR PUSTAKA

- Afrianto, E. dan E. Liviawaty. (2005). Pakan Ikan. Kanisius. Yogyakarta
- Ali, Munawar. (2011). Rembesan Air Lindi (Leachate) Dampak Pada Tanaman Pangan dan Kesehatan. UPN "Veteran" Jawa Timur : Surabaya.
- Bernard T dkk., 2010, "Buku Pintar Budidaya dan Bisnis Ikan Tawes", Agro Media pustaka, Jakarta.
- Casarett and Doull's. (1995), "Toxicology: The Basic Science of Poisons", 6th Edition, McGraw-Hill, Inc., Ohio.
- Damanhuri, E. (1996). Teknik Pembuangan Akhir Sampah. Jurnal Teknik Lingkungan ITB. Bandung.
- Diana, E. (1992), "Pemantauan Dampak Lokasi Pembuangan akhir Sampah

Secara Sanitary Landfill Bantar Gebang terhadap kualitas air Permukaan air tanah dan Sosial Ekonomi Masyarakat di Sekitarnya". Tesis. Program Pascasarjana, IPB. Bogor.

Heryando, P. 2004, Pencemaran Logam Berat, Cetakan Ke-2, PT. RINEKA CIPTA, Jakarta.

Mahrunnisa Istiqamah, A. Haris Budi Widodo, Endang Widyastuti: Kualitas Air Sumur Gali dan Perilaku Pemanfaatannya oleh Masyarakat di Sekitar Tempat Pemrosesan Akhir Sampah Jeruklegi Cilacap (101-112).

Mangkoediharjo, S., 1999, "Eko Toksikologi", Jurusan Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya.

OECD (Organization Economic Community Development). (1992). Fish Acute Toxicity Test. OECD Guidelines for Testing of Chemicals.

Palar, H . (1994). Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat. Rineka Cipta, Bandung.

Prihastini, Lilis. (2011). Dampak Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sampah Winongo Terhadap Kualitas Lingkungan Hidup. Jurnal Ilmiah Indonesia. Vol II, No. 1.

RIANI E. Perubahan iklim dan kehidupan biota akuatik Dampak pada bioakumulasi bahan berbahaya dan beracun & reproduksi. IPB Press. 3-5.2012.

Soemirat, Juli. 2003. Toksikologi Lingkungan. Gadjah Mada University Press: Yogyakarta.

Tandjung, H. S.D. (1983). Penentuan Toksisitas Suatu Bahan Pencemar di Lingkungan Perairan. Kursus analisis dampak lingkungan. UGM, Yogyakarta.

Trihadiningrum, Y. 1995. Mikrobiologi Lingkungan. Jurusan Teknik Lingkungan-ITS, Surabaya.

USEPA (United States Environmental Protection Agency). (2002). Method for Measuring the Acute Toxicity of Effluents and Receiving Waters to Freshwater and Marine Organism. Fifth Edition. EPA-821-R-02-012. Office of Water (43035). Washington, DC.

Trihadiningrum, Y. 1995. Mikrobiologi Lingkungan. Jurusan Teknik Lingkungan-ITS, Surabaya.